

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА



## МАТЕРІАЛИ



81 Міжнародної  
науково-практичної  
конференції

## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ДНІПРО 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

АТ «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»

ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД»

АТ «ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ СТІЛОЧНИЙ ЗАВОД»

ТОВ «ЗАВОД РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ»

INSTYTUT KOLEJNICTWA

КОРПОРАЦІЯ «ДЕТАЛЬ ВАГОН ГРУП»

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МАТЕРІАЛИ  
81 МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
22.04.2021–23.04.2021**

Дніпро – 2021

Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту [Текст] : матеріали 81 Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р. / за заг. ред. А. В. Радкевича, Р. В. Рибалки. Дніпров. нац. ун-т. залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2021. – 432 с.

У збірнику тез доповідей розглянуто питання, присвячені вирішенню актуальних проблем і перспектив розвитку залізничної галузі. Матеріали подано в рамках 81 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (далі – Конференція), яку проведено 22-23 квітня 2021 р. у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

Збірник тез доповідей рекомендовано для наукових та інженерно-технічних працівників залізничної галузі, виробників продукції для потреб залізничного транспорту, викладачів, докторантів, аспірантів та студентів закладів освіти, які провадять підготовку фахівців у транспортній галузі.

© Усі права авторів застережені, 2021

© Дніпров. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, оригінал-макет, 2021

### **Науковий комітет Конференції:**

Пшінько О. М. – професор, д.т.н., в.о. ректора ДНУЗТ – голова комітету.

Боднар Б. Є. – професор, д.т.н., перший проректор ДНУЗТ – співголова комітету.

Радкевич А. В. – професор, д.т.н., проректор з науково-педагогічної, економічної роботи, перспективного та інноваційного розвитку ДНУЗТ – співголова комітету.

### **Члени наукового комітету Конференції:**

Арбузов М. А. – доцент, к.т.н., доцент кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Афанасов А. М. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електрорухомий склад залізниць», ДНУЗТ.

Болжеларський Я. В. – доцент, к.т.н., директор Львівської філії ДНУЗТ.

Вайчюнас Гедимінас – д.т.н., Вільнюський технічний університет ім. Гедимінеса, Литва.

Вакулєнко І. О. – професор, д.т.н., професор кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство», ДНУЗТ.

Гаврилюк В. І. – професор, д.ф.-м.н., завідувач кафедри «Автоматика та телекомунікації», ДНУЗТ.

Гненний О. М. – доцент, д.е.н., завідувач кафедри «Економіка та менеджмент», ДНУЗТ.

Жуковицький І. В. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електронні обчислювальні машини», ДНУЗТ.

Зеленько Ю. В. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Хімія та інженерна екологія», ДНУЗТ.

Калівода Я. – професор Празького технічного університету, Чехія.

Капіца М. І. – професор, д.т.н., професор кафедри «Локомотиви», ДНУЗТ.

Козаченко Д. М. – професор, д.т.н., професор кафедри «Управління експлуатаційною роботою», ДНУЗТ.

Козловські А. – д.т.н., професор Вищої Банківської школи, м. Гданськ, Польща.

Костриця С. А. – к.т.н., с.н.с., доцент кафедри «Теоретична та будівельна механіка», ДНУЗТ.

Кривчик Г. Г. – професор, д.і.н., професор кафедри «Філософія та українознавство», ДНУЗТ.

Кузнєцов В. Г. – професор, д.т.н., офіційний представник директора по співпраці зі східними ринками, «Інститут колійництва», Польща.

Курган М. Б. – професор, д.т.н., професор кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Льобер Д. – д.т.н., професор Університету Валансьєн, Франція.

Мезітіс М. – д.т.н., професор, директор Інституту транспорту Ризького технічного університету, Латвія.

Мямлін В. В. – с.н.с., д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДНУЗТ.

Огороков А. М. – доцент, к.т.н., завідувач кафедри «Управління експлуатаційною роботою», ДНУЗТ.

Орсен Т. – д.т.н., професор Національної школи майстерності та професій, Франція.

Сладковський О. В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Логістика і промисловий транспорт» Сілезького технічного університету, Польща.

Тютькін О. Л. – доцент, д.т.н., в.о. завідувача кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Яцина М. – к.т.н., професор, декан транспортно-факультету Варшавської політехніки, Польща.

Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу у редакції авторів.

Офіційна наукова конференція з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2021 рік: лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 13.01.2021 р. № 22.1/10-37 «Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2021 році».

extent, improves the quality of the seam on the reverse side. Consequently, the likelihood of the formation of a defect of lack of fusion of the two edges of the plates is significantly reduced.

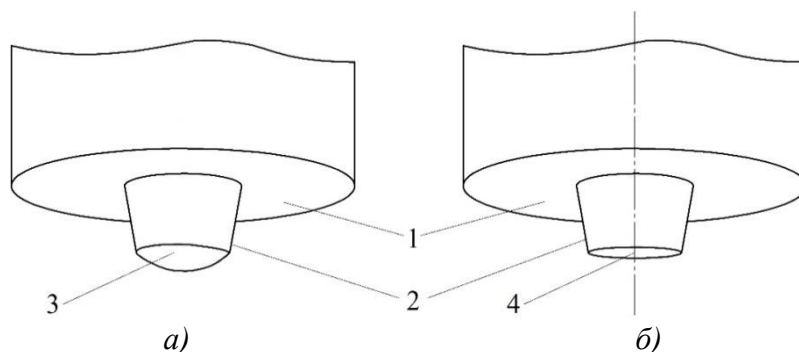


Fig. 2. Types forms of the cylindrical pin of the tool end:

1 – shoulder; 2 – pin; 3 – rounded end; 4 – flat end

A pin with a flat end shape (see Fig. 2, b) also has widespread use, primarily due to the simplicity of its manufacture and processing. Such a pin provides additional pressure on the metal underneath due to increased centrifugal forces. Centrifugal forces arise at the boundaries of the end face and the working surface of the pin through the increased rotation speed of this particular section and additionally increase the metal seals under the end face of the pin and contribute to its better mixing.

When using a tapered pin, increased taper angles (sharpening) can lead to a significant reduction in the contact area of the end face. In turn, this may be the reason for insufficient heating of the plate joint in the area of the reverse side of the joint, as well as a decrease in the deforming compressive force. It should also be noted that there is insufficient mixing of the metal in this zone. The result of such processes can be the appearance of a defect in the form of lack of fusion of the edges on the back side of the joint.

In addition, it should be noted that when choosing the geometric shape and dimensions of the pin, it is necessary to take into account the possibility of the influence of the shape of the tool end on the service life of the entire pin, especially at the first stage of welding when it is immersed in an unheated welded joint. As the tool is immersed, the normal forces and torque acting on the pin increase. As a result, at the initial stages of welding, the likelihood of its breaking increases. At the same time, such efforts are much less for a pin with a rounded end.

## НОВИЙ СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМ ТА СТРИЖНІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Солоненко Л. І. \*, Узлов К. І. \*\*, Реп'ях С. І. \*\*

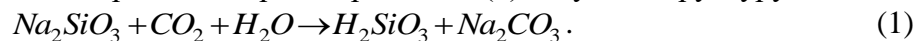
\*Одеський національний політехнічний університет, \*\* Національна металургійна академія України

*Solonenko L. I., Uzlov K. I., Repyakh S. I. New method of molds and cores production for railway transport castings manufacturing.*

**Summary.** *Issues of foundry molds and cores manufacturing from quartz sand and sodium silicate solute mixtures for integrity castings have been considered. It has been demonstrated that in order to solve these mixtures technological problems and castings quality improving, method of their structuring in a steam-microwave media (SMS-process) has been developed. This SMS-process is environmentally secure, solves the problems of waste disposal and involves domestic manufactured raw materials into industrial production.*

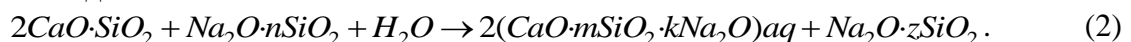
В даний час в ливарних цехах при виробництві ливарних форм і стрижнів (ЛФС) з пічано-рідкоскляної суміші (ПРС), як правило, їх структурують за рахунок теплової обробки, продування вуглекислим газом або його сумішшю з повітрям, додавання порошкового або рідкого затверджувачів рідкого скла. При цьому, кожен з відомих способів структурування ПРС має як загальні, так і свої певні недоліки. Зокрема, після закінчення структурування ПРС тепловим сушінням їх подальша витримка на повітрі з високою відносною вологістю призводить до карбонізації рідкого скла в поверхневих шарах ЛФС. У свою чергу, це є причиною збільшення обсипальності і зниження міцності ЛФС, а міграція вологи з глибинних в поверхневі шари ЛФС призводить до виникнення в виливках ужимін, газових раковин, засмічень і т.п. Крім цього, при структуруванні ПРС тепловим сушінням необхідно строго дотримуватися режиму сушіння і контролювати однорідність температури по тілу ЛФС щоб уникнути їх розтріскування. З урахуванням нагріву, витримки і охолодження в печі тривалість сушіння ЛФС в ливарних цехах становить 5...12 годин. Ця обставина призводить до великих тимчасових і енергетичних витрат при виробництві ЛФС з ПРС. З цієї причини, в даний час, технології теплового затвердіння ПРС в ливарних цехах практично не використовують.

При структуруванні ПРС продувкою вуглекислим газом або його сумішшю з повітрям проходить хімічна взаємодія вуглекислого газу з рідким склом, внаслідок чого утворюється гель кремнієвої кислоти і бікарбонат натрію за реакцією (1), а суміш структурується:



Даний спосіб структурування сумішей, як капілярно-пористих тіл, призводить до того, що поверхневі шари ЛФС під час продування  $CO_2$  зв'язуються гелем кремнієвої кислоти, а внутрішні шари залишаються незатверділими. Така нерівномірність затвердіння призводить до того, що структуровані ЛФС набувають крихкості і підвищеної обсипальності, характеризуються підвищеною гігроскопічністю і обмеженим строком зберігання.

Порошковими затверджувачами структурують рідкі (РСС) і пластичні (ПСС) рідкоскляні суміші, що самотвердіють. У цих сумішах затверджувачем, як правило, є матеріал, що містить двухальцєвий силікат в  $\gamma$ - або  $\beta$ -формі (ферохромовий шлак, нефеліновий шлак). Можливе застосування і інших металургійних шлаків (електропічних, мартенівських, доменних та інших виробництв), які, тим не менш, поступаються першим двом матеріалам хімічною активністю і стабільністю властивостей. Схему протікання хімічної реакції між силікатом натрію і двухальцєвим силікатом можна представити в наступному загальному вигляді:



При даному способі структурування сумішей, внаслідок поглинання  $SiO_2$  з рідкої фази рідкого скла в процесі хімічної реакції утворюються гідросилікати, що призводить до зниження модуля рідкого скла і, відповідно, його затвердінню.

Слід зазначити, що ферохромовий шлак містить токсичні для людини сполуки шестивалентного хрому. Крім цього, ферохромовий шлак і нефеліновий шлак є затверджувачами з нестабільною хімічною активністю, при підвищеній вологості повітря ферохромовий шлак і нефеліновий шлак мимовільно тверднуть. Ливарні форми і стрижні з РСС і ПСС характеризуються високою пористістю, низькою якістю поверхні виливків, що виготовляють в них, високою роботою вибивання, трудомісткою регенерацією. Крім цього, РСС характеризуються високою газотворною здатністю, а ПСС – тривалим часом твердіння.

Для структурування ПРС також використовують рідкі затверджувачі – етіленглікольмоноацетат, етіленглікольдіацетат, 1,3-гліцеріндіацетат (1,3-діацетін) і ін., гліцерінацетат (триацетат), пропіленкарбонат і ін. Затвердіння суміші в даних випадках (від 5 хвилин до декількох годин) реалізується за рахунок проходження хімічної реакції, в результаті якої утворюються кремнієва кислота і спирт. Недоліками даного способу затвердіння є обмежений час живучості суміші, крихкість і підвищена усадка при

твердінні, підвищена газотвірна здатність. Властивості таких структурованих ПРС не стабільні і залежать від температури повітря в ливарному цеху, що вимагає проведення затвердіння при певній температурі, а також збільшення ухилів на моделі і піднутринь стрижневого ящика.

Для вирішення ряду зазначених вище проблем ПРС і підвищення якості виливків відповідального призначення, зокрема для залізничного транспорту, розроблено спосіб структурування ПРС паро-мікрохвильовим затвердінням (ПМЗ-процес. Пат. № 122538). Відповідно до пат. № 122538 ЛФС виготовляють з сухого кварцового піску, що плакований рідким склом в кількості від 0,5 до 2,5 % (за масою, понад 100 % кварцового піску). Структурування такої ПРС в даному випадку проводять в паро-мікрохвильовому середовищі протягом 5...15 хв. Безпосередньо після вилучення з оснащення такі форми і стрижні придатні до збирання і заливання, оскільки практично не містять вологи і, відповідно, не газотвірні, свою максимальну міцність набувають в оснащенні під час затвердіння. Суміш, що застосовується в ПМЗ-процесі, екологічно безпечна, відносно недорога і складається з компонентів вітчизняного виробництва (пісок, рідке скло, вода). На відміну від більшості інших способів виготовлення ЛФС відпрацьована суміш, що застосовується в ПМЗ-процесі, може бути використана в якості вихідної сировини для виробництва силікат-брили, повторно (повністю або частково) використана у виробництві форм і стрижнів, оброблена для рециклінгу піску в ливарному цеху або будівництві тощо.

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДИФУЗІЇ З ПОЗИЦІЙ ТЕПЛОВИХ КОЛИВАНЬ АТОМІВ

Сироватко Ю. В.<sup>\*</sup>, Штапенко Е. П.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпропетровська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»,

<sup>\*\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Syrovatko Yuliya, Shtapenko Eduard. Determination of activation energy of surface diffusion based on thermal oscillations of atoms.*

**Summary.** *The paper deals with the method of theoretical calculation of the activation energy of surface diffusion based on thermal oscillations of atoms. The basic principle of the model of activation energy calculation is the formation of potential wells and barriers during oscillations of atoms localized in the sites of the lattice. The values of activation energy of ad-atoms of nickel, copper, iron and zinc on the copper surface have been obtained.*

У багатьох поверхневих процесах та хімічних реакціях, наприклад, адсорбції, десорбції, кристалізації, змочуванні, рості тонких плівок, формуванні наноструктур, важливу роль визначає поверхнева дифузія, що полягає у переносі речовини по поверхні твердого тіла. Важливою характеристикою поверхневої дифузії є енергія активації поверхневої дифузії  $E_a$ . Теоретично розрахувати  $E_a$  є складною задачею, оскільки реальна поверхня кристалу має неоднорідну структуру. Існуючі теоретичні методи розрахунку  $E_a$  здебільшого ґрунтуються на енергії зв'язку ад-атома з атомами поверхні підкладки [1,2]. В даній роботі пропонується теоретичний метод розрахунку енергії активації поверхневої дифузії ад-атомів по поверхні підкладки, розглядаючи не зміну енергії зв'язку, а кількість теплової енергії, необхідну для виконання переміщення ад-атома по поверхні.

Розглянемо поверхневу дифузію ад-атомів по поверхні міді, яка має ГЦК-решітку, в площині (100). При даній температурі системи  $T$  атоми кристалічної решітки міді і розміщений на підкладці ад-атом виконують теплові коливання і мають відповідну теплову енергію коливань. Перескок ад-атома у сусіднє положення здійснюється в тому разі, якщо він має достатню енергію. Різниця між цією енергією і енергією теплових коливань ад-

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВИСОКОХРОМИСТИХ  
ЧАВУНІВ**

Нетребко В. В. ....229

**ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ТЕХНІКИ,  
ЯКА ЗНАХОДИТЬСЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ У ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНАХ  
ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ**

Остапенко І. С., Крамар І. Є., Шаптала О. І. ....230

**INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE TOOL END ON THE WELDED JOINT  
QUALITY DURING FRICTION STIR WELDING**

Plitchenko S. O., Vakulenko I. O. ....232

**НОВИЙ СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМ ТА СТРИЖНІВ ДЛЯ  
ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Солоненко Л. І., Узлов К. І., Реп'ях С. І. ....233

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДИФУЗІЇ  
З ПОЗИЦІЙ ТЕПЛОВИХ КОЛИВАНЬ АТОМІВ**

Сироватко Ю. В., Штапенко Е. П. ....235

**ФОРМУВАННЯ МІКРОШАРУВАТОЇ СТРУКТУРИ ПРОГРАМНО-  
КЕРОВАНИМ СТРУМОМ**

Титаренко В. В., Заблудовський В. О. ....237

**КОМПОЗИЦІЙНІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ НІКЕЛЕВІ ПОКРИТТЯ, ОТРИМАНІ  
ІМПУЛЬСНИМ СТРУМОМ**

Титаренко В. В., Заблудовський В. О. ....239

**СПІНОДАЛЬ СПЛАВІВ СИСТЕМИ FE-B-C**

Філоненко Н. Ю. ....241

**EFFECT OF CATHODE MATERIAL ON PULSE-PLASMA COATING  
STRUCTURE AND CRACKING BEHAVIOUR**

Chabak Yu. G., Efremenko B. V., Zurnadzhy V. I., Fedun V. I.,  
Dzherenova A. V., Efremenko V. G. ....243

**ОЦІНКА ТЕОРЕТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ДВЗ**

Хорсєв П. В., Главацький К. Ц., Вовченко М. Д. ....244

**СЕКЦІЯ 10 «ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ  
ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ»**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МОТИВАЦІЇ ТА СТИМУЛЮВАННЯ ПРАЦІ  
ПЕРСОНАЛУ ДИРЕКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Гненний М.В., Богдан В.І. ....246

**ВИБІР ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМІВ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Полішко Т.В. ....247

**РОЗВИТОК ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ АВІАЦІЙНОЇ  
ГАЛУЗІ**

Головкова Л.С., Трубай Ю.С. ....248

**НАПРЯМИ ЕФЕКТИВНОЇ АДАПТАЦІЇ НОВОПРИЙНЯТИХ  
ПРАЦІВНИКІВ В УМОВАХ КАРАНТИННИХ ОБМЕЖЕНЬ**

Груздєв О.В. ....251